

Аулин В.В.,
Замота Т.Н.,
Лысенко С.В.

Кировоградский национальный
технический университет
г. Кропивницкий, Украина
E-mail: aulin52@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ МОБИЛЬНОЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ И
АВТОТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ
ТРИБОТЕХНОЛОГИЯМИ ПРИРАБОТКИ ОСНОВНЫХ
СОПРЯЖЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ

УДК 631.372+62-192

Для реализации триботехнологий приработки и восстановления ресурсопределяющих сопряжений деталей двигателей МСХТ и АТТ предложена конструкция стенда и разработаны соответствующие режимы приработки. Представлены результаты стендовых и эксплуатационных испытаний экспериментальных, прошедших приработку триботехнологиями, и контрольных, обкатанных по стандартным методикам, двигателей 4Ч11/12,5 и Д-240. Выявлена эффективность триботехнологий приработки и их положительное влияние на технико-экономические показатели двигателя.

Ключевые слова: приработка, сопряжения деталей, узлы, агрегаты, стенд, обкатка, эксплуатация, ресурс, долговечность, мобильная сельскохозяйственная и автотранспортная техника.

Введение

Проблема повышения долговечности мобильной сельскохозяйственной (МСХТ) и автотранспортной (АТТ) техники непосредственно связана с процессами изменения технических параметров сопряжений деталей их узлов и агрегатов [1,2]. Интенсивность и характер протекания этих процессов существенно зависят от макрогеометрических отклонений формы деталей и точности взаимного расположения их рабочих поверхностей, обусловленных нарушениями технологии изготовления и сборки узлов и агрегатов МСХТ и АТТ в производстве и ремонте. Через потерю точности расположения деталей и их перемещений в процессе эксплуатации происходят заклинивания, удары, вибрации, нарушение герметичности сопряжений деталей. Это приводит к отказам, снижению ресурса, перегреву сопряжений деталей и потерям энергии, повышению расхода горючесмазочных материалов [3,4]. Улучшением эффективности процессов приработки деталей ресурсопределяющих сопряжений, устранением макрогеометрических отклонений взаимного расположения и формы деталей, подготовкой их к восприятию эксплуатационных нагрузок можно решить проблему повышения долговечности МСХТ и АТТ.

Вместе с тем, большинство методов приработки направлены на ускорение процессов, а не на перенос условий приспособления сопряженных поверхностей деталей на начальный период их работы, что недостаточно эффективно при наличии макрогеометрических отклонений, поскольку приработка в таких условиях может произойти через длительное время или с избыточным износом. Применение ряда покрытий и защитных пленок в сопряжениях деталей создает переходной слой, скрывающий неприработанные поверхности, и после износа, во время эксплуатационных нагрузок, могут наблюдаться задиры и схватывания. Использование присадок и добавок в масло уменьшает коэффициент трения, но усложняет приработку деталей с макрогеометрическими отклонениями, а наложение постоянного электрического тока на сопряжение деталей в процессе электроэрозионного действия вызывает образование абразивных продуктов с максимальным локальным упрочнением рабочих поверхностей и одновременным уменьшением ресурса. При использовании переменного электрического тока и электролита в процессах приработки возможно ускорение взаимного приспособления поверхностей деталей [6], однако для различных материалов, типов их сопряжений и видов макрогеометрических

отклонений [2] необходима методология комплексного исследования и решения проблемы.

Выявлено, что наложение электрического тока на трибосопряжения деталей обуславливает протекание ряда новых явлений [7-9], нашедших непосредственное применение в производстве. И. Киеси ускорил приработку сопряжений деталей за счет ее проведения в специальных жидкостях (вода-графит, электролит-графит, электролит-абразивные частицы) с применением комбинированных способов обработки (гальванической и механической) [10].

Существуют также способы, когда электрический ток пропускается через сопряжения непосредственно во время приработки [11]. Один из них был разработан в ГОСНИТИ Е.Л. Воловиком с сотрудниками для приработки основных сопряжений ДВС. При холодной обкатке постоянный электрический ток величиной 3...5 А и напряжением 0,8...1,2 В подавался в течение 25 минут через токосъемник на коленчатый вал дизеля и на блок [11]. При этом, как выявил М.Х. Нигаматов [5], оставшиеся микровыступы на рабочих поверхностях деталей образуют термпары, размыкание которых в диэлектрике приводит к возникновению электрической микродуги и разрушению анодных выступов с образованием на их месте микрократеров глубиной до 5 мкм. Наблюдающаяся электроэрозия вызывала образование мелких твердых частиц [8], которые в контакте в качестве абразива вызывает возрастание начального износа сопряжений деталей [12]. Характерной особенностью способа, предложенного Е.Л. Воловиком, является то, что приработка происходит при разделении деталей масляной пленкой.

В течение ряда лет на кафедре ремонта машин и технологии конструкционных материалов Луганского государственного аграрного университета под руководством В.П. Алексеева [13, 14] велись работы по изучению и внедрению в производство одного из способов метода электрохимико-механической приработки. Сущность его состоит в следующем: деталям сопряжений придается рабочее движение, а в зону трения вместо масла подается электролит и через сопряженные детали пропускается переменный электрический ток. В результате механического и электрохимического взаимодействия происходит устранение макрогеометрических отклонений деталей сопряжения и качественная прирабатываемость сопряженных поверхностей.

Дальнейшее исследования этого метода: выявление возможностей его способов; раскрытие физической сущности процессов приработки и установление их закономерностей в различных сопряжениях деталей с различными материалами; согласованность с триботехнологиями восстановления; включение приработки и восстановления в качестве операции технического обслуживания и ремонта МСХТ и АТТ, проводятся коллективом научных сотрудников Кировоградского национального технического университета под руководством д.т.н., профессора В.В.Аулина [2-4,15-18].

Цель работы

Для решения проблемы повышения долговечности МСХТ и АТТ разработать конструкцию стенда реализации триботехнологий приработки и восстановления основных сопряжений деталей двигателей методом наложения переменного электрического тока. Проведение стендовых и эксплуатационных испытаний двигателей Д-240, обкатанных предложенными триботехнологиями.

Результаты исследований

Полученные результаты исследований в направлении разработки триботехнологий приработки показали эффективность исследуемого метода приработки основных сопряжений ЦПГ и КШМ. Если ранее применяли раздельную однофазную приработку, то

выявлена целесообразность проведения исследований по совместной трехфазной приработке основных сопряжений деталей двигателей МСХТ и АТТ, и однофазной приработке их отдельных сопряжений. Анализ метода электрохимико-механической приработки дал возможность выделить его три способа и представить в виде блок-схемы (рис. 1).

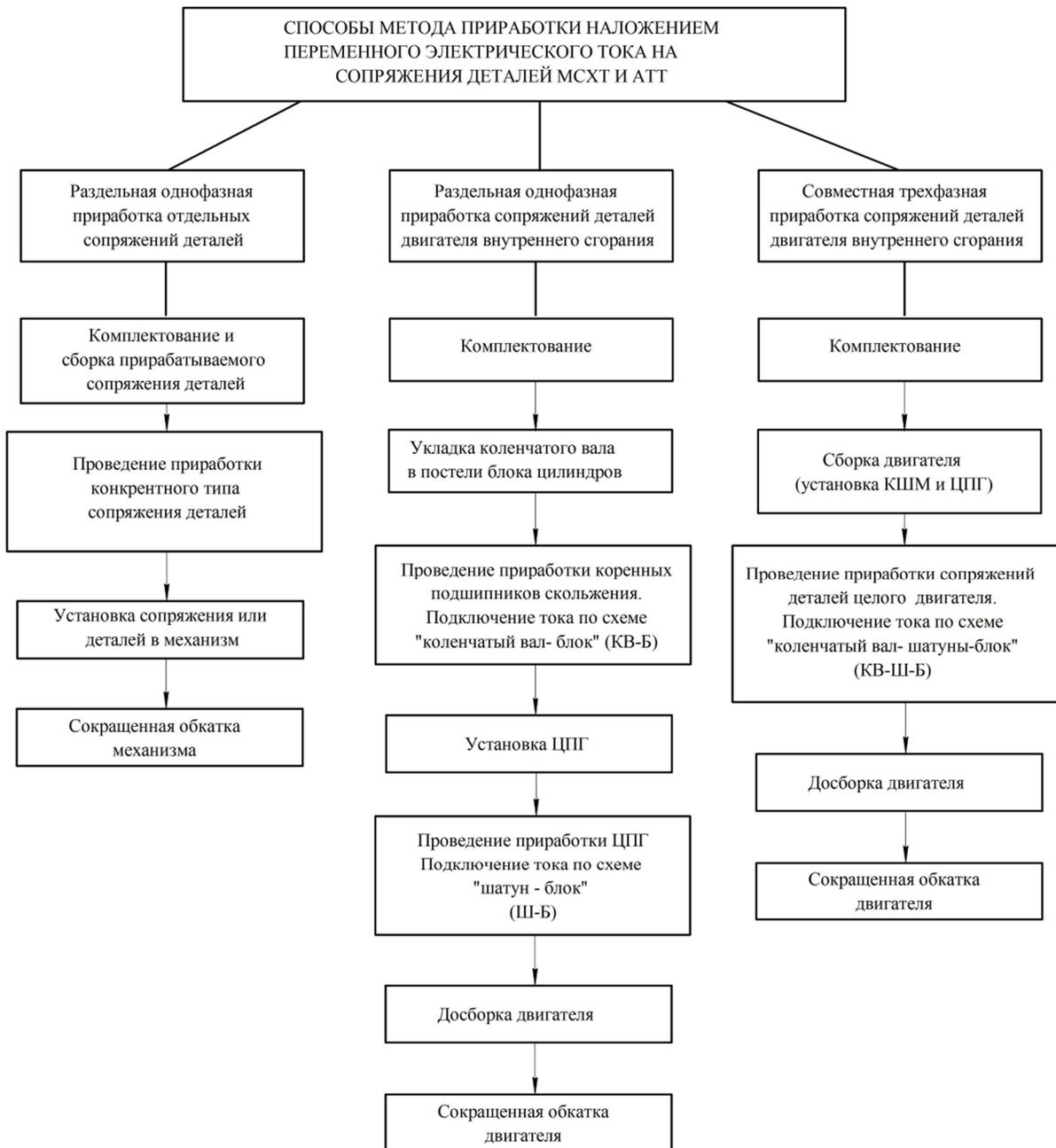


Рис.1. Способы метода приработки наложением переменного электрического тока на сопряжения деталей узлов и агрегатов МСХТ и АТТ и этапы их реализации.

Чтобы обеспечить качественную приработку шатунных подшипников двигателей МСХТ разработана триботехнология совместной трехфазной приработки деталей КШМ и ЦПГ. Для ее реализации при капитальном ремонте двигателей предложена конструкция стенда, использование которого снижает трудоемкость в три раза и позволит приработать за один час шесть двигателей. Общий вид стенда и технологической оснастки, представлены на рис.2 и рис.3.

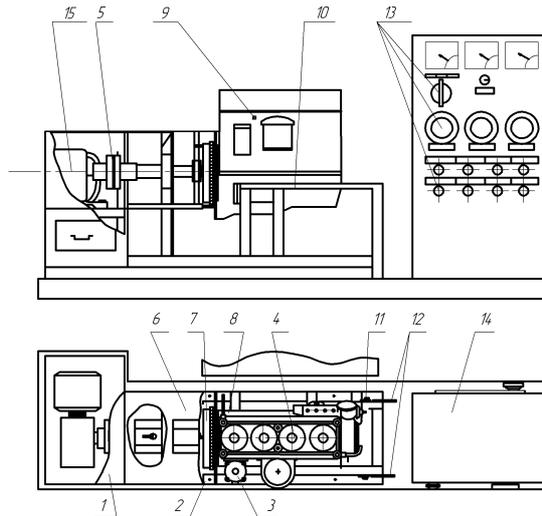


Рис.2. Общий вид стенда для реализации триботехнологии совместной трехфазной приработки основных сопряжений двигателя: 1 – приводная станция; 2 – фиксатор; 3 – фильтр; 4 – гильза цилиндров; 5 – муфта; 6 – защитный щиток; 7 – маховик двигателя; 8 – основание для двигателя; 9 – двигатель, подвергаемый приработке; 10 – рамка специальная; 11 – токоподвод на блок; 12 – токоподводы на шатуны (общая шина) и коленчатый вал; 14 – шкаф управления; 15 – редуктор.

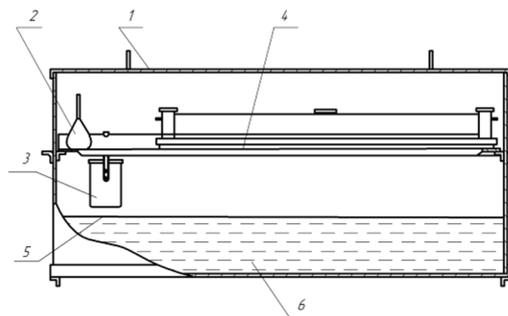


Рис.3. Общий вид бака для хранения электролита и технологической оснастки стенда: 1 – крышка; 2 – граша для электролита; 3 – емкость для электролита; 4 – рамка специальная; 5 – верхний уровень электролита; 6 – электролит.

Стенд имеет приводную станцию 1, шкаф управления 14, рамку 10, на которую устанавливали двигатель 9. Вращение коленчатого вала двигателя осуществлялся через маховик 7, электролит подавали из технологического поддона масляным насосом двигателя и заливали в надпоршневое пространство каждой гильзы цилиндров из бака для хранения электролита (рис.3), устанавливаемого рядом со стендом.

По трехфазной схеме переменный электрический ток подводили к шатунам, к коленчатому валу и к блоку, что позволяет проводить приработку деталей ЦПГ, в почти собранном двигателе, перед установкой на блок головки цилиндров. Вязкий электролит подавали в надпоршневое пространство и в картер двигателя. Исследованиями установлено, что наличие электролита в масле, даже после повторного его использования для обкатки, не ухудшило смазывающие свойства. Поэтому промывать систему смазки после приработки нет необходимости. Повторное использование моторного масла для обкатки позволяет значительно уменьшить себестоимость обкаточных работ. Перечисленные мероприятия значительно улучшили технологический процесс приработки деталей ЦПГ и сократили затраты времени на подготовительные операции.

Последовательность операций по приработке двигателей с учетом полученных результатов исследований и новой конструкции стенда и оснастки следующая. Все операции по сборке двигателя выполняли согласно типового технологического процесса его сборки, кроме установки головки цилиндров и установки поддона картера. Перед обкаткой выполняли следующие сборочные работы: уложение в постели коленчатый вал, установление шатунно-поршневую группу, установление шестерни газораспределения и головки блока.

Выявлено, что обкатка двигателя на трехфазном токе позволяет одновременно прирабатывать основные его сопряжения: "коленчатый вал-вкладыши", "поршневое кольцо-гильза". Авторами определены оптимальные значения факторов для совместной приработки основных сопряжений для разных двигателей МСХТ и АТТ на трехфазном токе: линейный ток – 50...60 А на один цилиндр, концентрация глицерина – 81...84 % (вязкость электролита 0,0922...0,115 Па·с), частота вращения – 200...220 мин⁻¹. Продолжительность приработки составляет пять минут.

Источник трехфазного переменного электрического тока подключали к двигателю по схеме "коленчатый вал-шатун-блок" [19]. Для рядного четырехцилиндрового двигателя фазу, которую подключали к шатунам, разделяли на четыре параллельные цепи, по каждой из которых протекал электрический ток силой 50...60 А, а общий линейный ток на общей шине составляет 200...240 А. Частота вращения коленчатого вала и вязкость электролита были неизменными. Схема подключения источника трехфазного электрического тока представлена на рис.4.

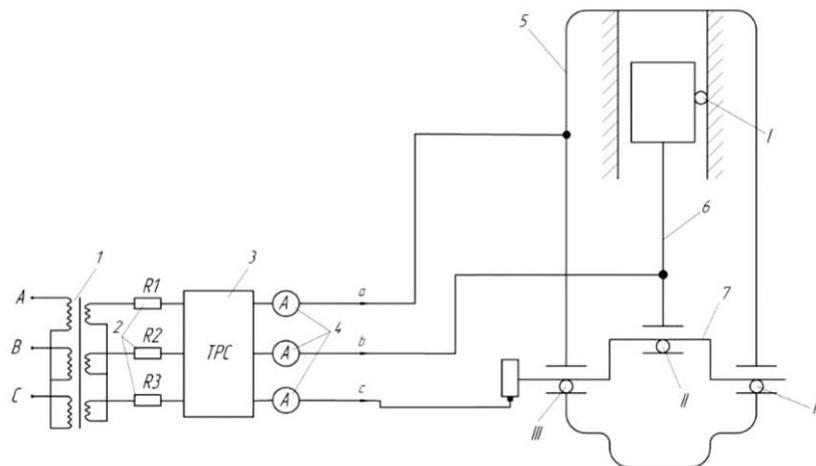


Рис.4. Схема трехфазного подключения тока к двигателю при приработке: 1 – трехфазный силовой трансформатор; 2 – ограничивающие опоры; 3 – регулятор тока; 4 – амперметры; 5 – блок-картер; 6 – шатун; 7 – коленчатый вал.

Заметим, что в главную масляную магистраль (сопряжение "вкладыш-коленчатый вал") подавали электролит под давлением 0,15...0,3 МПа, а в надпоршневое пространство – тонкой струйкой. После этого приводили во вращение коленчатый вал двигателя с частотой 200...220 мин⁻¹ и начинали приработку двигателя в течение пяти минут. Привод коленчатого вала осуществляли через приводную систему, которая позволяла изменять частоту вращения от 100 до 300 мин⁻¹.

Стендовую обкатку двигателя проводили по сокращенным режимам с продолжительностью 40 мин (табл. 1).

Таблица 1

Режимы триботехнологий приработки для основных сопряжений деталей двигателей
 (на примере двигателя 4Ч11/12,5)

Способ приработки	Этапы приработки и значения технологических параметров		Продолжительность сокращенной обкатки
	1 этап: приработка сопряжений деталей КШМ	2 этап: приработка сопряжений деталей ЦПГ	
раздельная однофазная ЭХМП	I=100А; n=300 мин ⁻¹ ; t=1 мин	I=400А; n=130±10 мин ⁻¹ ; t=10 мин	40 мин
совместная трехфазная приработка	I=60А(по каждой фазе); n=210±10 мин ⁻¹ ; t=5 мин		40 мин

Примечание: продолжительность стендовой обкатки двигателей по режимам ГОСНИТИ – 105 мин

После окончания приработки технологическую оснастку и двигатель снимали со стенда приработки. Двигатель с приработанными сопряжениями деталей устанавливали на разборочно-сборочный стенд, на котором выполняют досборку двигателя в соответствии с типовой технологией [11].

После приработки проводили сокращенную холодную обкатку в течение 10 минут по следующим режимам: при 630...640 мин⁻¹ – 4 минуты; при 790...800 мин⁻¹ – 3 минуты; при 940...950 мин⁻¹ – 3 минуты.

Ускоренную обкатку на холостом ходу проводили в течение 10 минут по следующим режимам: при 1200 мин⁻¹ – 5 минут; при 1390...1400 мин⁻¹ – 5 минут.

Исследованиями установлено, что триботехнология приработки основных сопряжений деталей двигателей МСХТ и АТТ может быть успешно реализована при следующих условиях:

– в зазор сопряжения "подшипник-вал" электролит должен подаваться под давлением 0,15...0,3 МПа;

– подача электролита для приработки ЦПП должна осуществляться в надпоршневое пространство без избыточного давления;

– необходимо обеспечить одинаковую требуемую силу тока на сопряжениях вал-вкладыш и поршневое кольцо-цилиндр равную 50...60А;

– процесс приработки должен проходить при частоте вращения коленчатого вала 200...220 мин⁻¹.

Ускоренную обкатку под нагрузкой проводили в течение 20 минут (табл. 2).

Таблица 2

Режимы ускоренной обкатки двигателя под нагрузкой после проведения приработки

Показание весового механизма, Н	Частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	Продолжительность обкатки, мин
50	1620	5
100	1760	5
200	1950	5
260	2000	5

В результате применения разработанной триботехнологии приработки качество поверхностей существенно улучшается: износ протекает в пределах наибольшей высоты неровностей микрорельефов; увеличивается площадь контакта подшипников скольжения; боковая поверхность хромированных колец и зеркала гильзы, по всей площади контактирования приобретают плосковершинность. Обосновано, что новые триботехнологии обкатки и испытания двигателей МСХТ и АТТ, разработанные на предложенном методе приработки, позволяют значительно сократить длительность процессов и затраты на их реализацию.

Стендовые испытания двигателей Д-240 показали, что уплотняющая способность ЦПП в экспериментальных двигателях значительно выше, чем у контрольных. В экспериментальных двигателях прорыв газов в картер составлял 29 л/мин против 86 л/мин у контрольных, т.е. в три раза меньше. Микрометрированием выявлено, что у экспериментальных двигателей износ юбки поршня составил 22,5 мкм (в среднем по двигателю), а зазор в сопряжении "канавка поршня-кольцо" установить было практически невозможно вследствие малости его изменения, в то же время у контрольного двигателя эти величины

составили соответственно 7,5 мкм и 6,25 мкм. Визуальным осмотром и профилографированием у экспериментальных двигателей на торцах колец выявлены блестящие участки на 82 % поверхности и редкие неглубокие, до 0,5 мкм, продольные риски (микропрофили 1 и 2, рис. 5 а, б, г, д), а у контрольных –многочисленные глубокие до 2,2 мкм продольные и поперечные риски (микропрофили 3 и 4, рис. 5 а, б, г, д).

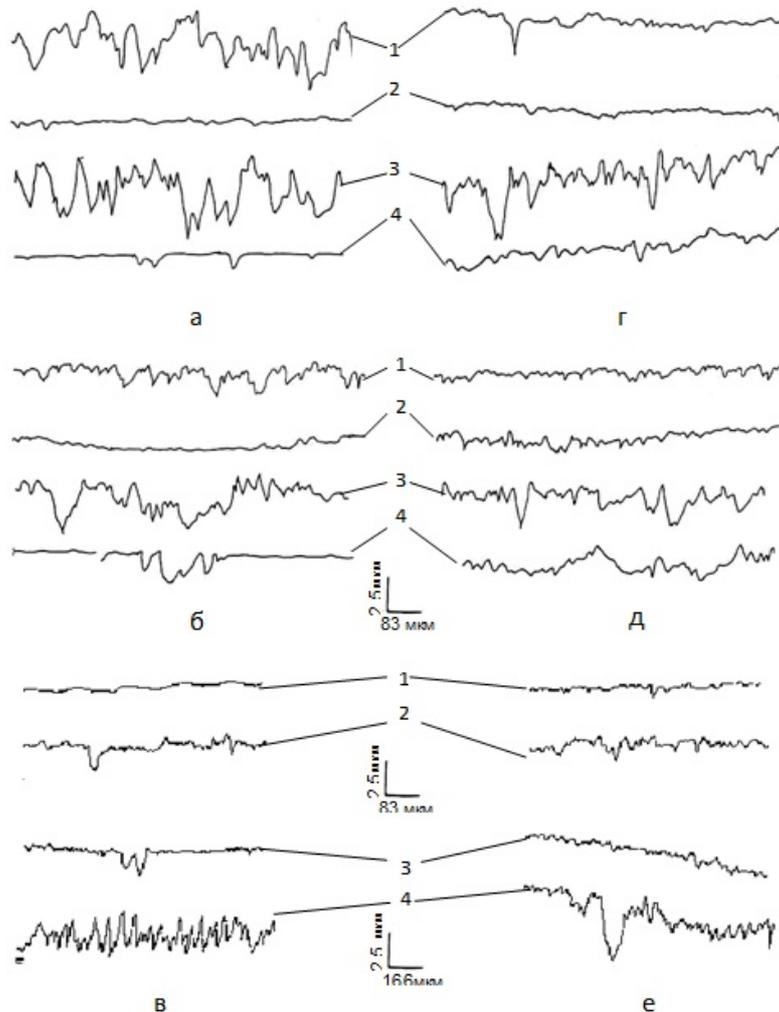


Рис.5. Профилограммы торцевых поверхностей деталей ЦПГ экспериментального и контрольного двигателей:
а, б, в – микропрофили нижних торцевых поверхностей, соответственно продольная и поперечная шероховатость хромированного кольца и канавки поршня, г, д, е – микропрофили верхних торцевых поверхностей, соответственно продольная и поперечная шероховатость хромированного кольца и канавки поршня: 1, 3 – исходное состояние поверхностей деталей опытного и контрольного двигателей, 2 – микропрофиль после приработки и ускоренной обкатки, 4 – микропрофиль после типовой обкатки ГОСНИТИ.

Это можно объяснить тем, что в результате приработки сопряжения "хромированное кольцо-зеркало гильзы" его уплотняющая способность увеличивается за счет стравливания хрома и чугуна и продукты реакции растворяются в электролите, не образуя абразивных частиц во время работы двигателя и не вызывая повышенного износа сопряжения.

Выявлено, что у контрольных двигателей продукты износа в виде абразивных частиц попадают в канавку поршня, что приводило к усиленному износу торцевых поверхностей канавок поршня (микропрофили 3 и 4, рис. 5 в, е) и поршневых колец (микропрофили 3 и 4, рис.5 б, д). В целом о лучшей уплотняющей способности поршневых колец двигателей, подвергнутых триботехнологии приработки по предлагаемому методу, свидетельствует тот факт, что при большей мощности у экспериментальных двигателей

(58,5 кВт) удельный расход топлива составил 235,8 г/кВт·ч против 256,8 г/кВт·ч у контрольного (с мощностью 56,8 кВт).

Результаты стендовых испытаний двигателей представлены в табл.3.

Поскольку средний суммарный массовый износ хромированного кольца в экспериментальном двигателе меньше, чем у контрольного, то режимы предлагаемой триботехнологии позволяют снизить приработочный износ сопряжения "кольцо-гильза" и увеличить межремонтный ресурс самого двигателя. Это подтверждается в результате стендовых и эксплуатационных испытаний двигателей.

Таблица 3

Результаты 60-ти часовых испытаний и испытаний на угар масла

Параметр	№ кольца от днища поршня	№ комплектодвигателя Д-240		
		7 (экспериментальный)	4 (экспериментальный)	3 (контрольный)
		Продолжительность испытаний		
		65 ч. 43 мин	65 ч. 42 мин	65ч. 42 мин
		в т.ч. продолжительность стендовой обкатки, мин		
		40	40	105
Массовый износ колец, мг	1	56,7	56,4	104,3
	2	19,3	22,1	47,2
	3	15,2	12,7	23,8
	МК	8,5	9,5	30,1
Изменение зазора в замке кольца, мм	1	0,15	0,14	0,14
	2	0,07	0,08	0,09
	3	0,05	0,04	0,06
Эффективная мощность, кВт	-	58,7	58,6	57,8
Расход картерных газов, л/мин	-	25	26	56
Расход масла на угар, %	-	0,589	0,622	0,922

Контролем деталей ЦПГ после стендовых испытаний установлено, что хромированная поверхность компрессионных колец экспериментальных комплектодвигателей сохранила пористость микрорельефа. Цилиндрический пояс, сформировавшийся при приработке на боковой поверхности нижних компрессионных колец, не превышал 0,5...0,3 высоты кольца. У контрольного комплектодвигателя хромированные кольца имели несколько меньшую пористость боковой поверхности (профилограмма 3, рис.5). При этом средний суммарный износ поршневых колец у экспериментальных двигателей составил 55,8 мг против 104,3 мг у контрольного двигателя, что меньше в 1,86 раза меньше (табл. 3). Средний износ зеркала гильз цилиндров в ВМТ реверса хромированного кольца у экспериментальных двигателей составил 15,8 мкм, а у контрольного – 21,7 мкм (табл. 3). Кроме этого анализ технико-экономических показателей двигателей выявил, что расход масла на угар в процентах от израсходованного топлива у экспериментального двигателя составил 0,589, а у контрольного 0,922%. Заметим, что допустимое значение расхода масла на угар для двигателей, прошедших капитальный ремонт, составляет 1% от израсходованного топлива. Полученные результаты свидетельствует о лучшей уплотняющей способности поршневых колец и возможном увеличении межремонтного ресурса двигателей, отремонтированных с применением разработанной триботехнологии приработки деталей КШМ и ЦПГ.

После контроля качества приработки и сокращенной обкатки двигателя были переданы эксплуатирующим хозяйствам и установлены на тракторы МТЗ-80 и транспортные средства. Эксплуатационные испытания показали, что на изнашивание сопряжений деталей ЦПГ двигателей оказывают влияние условия их эксплуатации. Установлено, что наибольшему износу подверглись сопряжения "компрессионное кольцо – канавка поршня" контрольных двигателей. В то же время выявлено несколько больший износ хромированных колец экспериментальных двигателей, приработанных по ранее разработанным режимам, в отличие от экспериментальных ЦПГ, приработанных по одному из предлагаемых способов метода приработки.

Микрометражными измерениями установлено, что на боковой поверхности хромированных колец всех двигателей сохранился слой хрома, в то время как у контрольных двигателей, в области замка кольца, вследствие повышенного износа, отсутствовало покрытие. При этом величина смыкания кольца не превышала допустимых значений. Несколько меньшую скорость изменения зазора в замке хромированных колец у экспериментальных двигателей можно объяснить тем, что величина износа гильз цилиндров не достигла 50% от предельного значения. Вероятны уменьшения износа зеркала гильзы у экспериментальных двигателей, приработанных по скорректированным режимам. Полученные результаты на экспериментальных двигателях можно объяснить влиянием приобретенного в процессе приработки плосковершинного микрорельефа. О меньшей скорости изнашивания их деталей ЦПГ можно судить по тому факту, что у 47% поршневых колец на боковой поверхности сохранилась исходная конусность. В отдельных комплектах, на зеркале гильз, остались следы от хонингования и на боковой поверхности первых колец остались участки с пористым хромом (профили 2 и 3, рис.5).

Следует отметить, что образование пористых участков на юбке поршня, в плоскости качания шатуна при приработке, несколько увеличило скорость изнашивания поршня во время обкатки и снизило в процессе эксплуатации, о чем свидетельствует минимальная скорость увеличения зазора сопряжения "поршень-гильза". Факт сравнительного уменьшения зазора в канавке поршня экспериментальных двигателей (табл. 4), отразился на меньшем угаре масла, которое составило: у экспериментальных двигателей – 0,7...0,78% и 0,95...1,23 % – у контрольных.

Таблица 4

Состояние сопряжений ЦПГ двигателей Д-240 зафиксированное микрометром

Сопряжение	Предельный зазор	Двигатели, №									
		экспериментальные						контрольные			
		2	4	6	7	9	10	1	3	5	8
Зазор в сопряжении "хромированное кольцо-канавка поршня", мм	0,4	0,229	0,221	0,226	0,225	0,234	0,234	0,404	0,425	0,429	0,442
Зазор в замке хромированного кольца, мм	5,0	1,263	1,22	1,223	1,248	1,275	1,289	1,603	1,596	1,619	1,762
Зазор в сопряжении "поршень-гильза", мм	0,6	0,225	0,225	0,208	0,21	0,213	0,22	0,264	0,26	0,259	0,263

Остаточный ресурс двигателей определяли по наиболее изношенному сопряжению "хромированное кольцо-канавка поршня". Выявлено, что у экспериментальных двигателей, установленных на транспортных средствах, остаточный ресурс значительно выше, чем у контрольных двигателей (табл.5).

Межремонтный ресурс двигателей Д-240

Показатель	Двигатели, №								
	экспериментальные						контрольные		
	3	7	9	8	2	1	6	4	5
Фактическая наработка, мото-ч.	2232	2447	2265	2383	1867	1552	1370	1601	1584
Остаточный ресурс, мото-ч	2209	2584	2327	2426	1759	1428	-14	-100	-113
Прогнозируемый межремонтный ресурс, мото-ч	4441	5031	4592	4809	3626	2980	1356	1501	1471

Межремонтный ресурс экспериментальных двигателей на тракторах был наибольшим и составил в среднем 4838 мото-ч (средний суммарный по двигателям №7...9), в отличие от контрольного, ресурс которого составляет 1434 мото-ч, т.е. больше в 3,7 раза. Средний межремонтный ресурс двигателя, ЦПГ которого была подвергнута приработке по ранее разработанным режимам – 1846 мото-ч. Это на 15% меньше, чем межремонтный ресурс двигателя, КШМ и ЦПГ которого прошли приработку по предлагаемым способам метода и который составляет 2356 мото-ч.

Скорость изнашивания хромированных колец по торцу у экспериментальных двигателей, приработанных по скорректированным режимам, равна $8,5 \cdot 10^{-12}$ м/с, у экспериментальных, приработанных по существующим режимам – $9 \cdot 10^{-12}$ м/с, а у контрольных – $41,5 \cdot 10^{-12}$ м/с. Из вышеизложенных полученных результатов следует, что режимы усовершенствованной триботехнологии приработки деталей ЦПГ, за счет улучшения характеристик рабочих поверхностей деталей, способствуют повышению их износостойкости и, соответственно, увеличению межремонтного ресурса двигателей.

Выводы

1. Показано, что проблема повышения долговечности МСХТ и АТТ непосредственно связана с процессами изменения технических параметров сопряжений деталей их узлов и агрегатов.
2. Анализ методов решения проблемы долговечности двигателей МСХТ и АТТ свидетельствует о возможности ее решения триботехнологиями однофазной и трехфазной приработкой сопряжений ресурсопределяющих деталей при наложении на них переменного электрического тока с реализацией комплекса электрохимико-механических процессов и существенного улучшения характеристик и свойств рабочих поверхностей деталей.
3. Для обеспечения качественной приработки шатунных подшипников двигателей МСХТ и АТТ предложена конструкция стенда и технологической оснастки, выявлены рациональные режимы триботехнологий приработки и обкатки. Разработана схема трехфазного подключения тока к двигателю при обкатке.
4. Показано, что обкатка двигателя на трехфазном электрическом токе, позволяет одновременно прирабатывать основные его сопряжения. Выявлены оптимальные значения технологических факторов приработки. Стендовые испытания показали сокращение продолжительности обкатки двигателей с 105 до 40 минут. Определены режимы ускоренной обкатки двигателей под нагрузкой после проведения приработки.
5. Разработаны режимы предложенного метода приработки для двигателей 4Ч11/12,5 и Д-240. Проведены их стендовые и эксплуатационные испытания. Выявлено повышение уплотняющей способности ЦПГ экспериментальных двигателей, снижение

износа рабочих поверхностей деталей и улучшения их качества, уменьшение в 3 раза интенсивности прорыва газов в картер. Эксплуатационные испытания двигателей показали уменьшение износа сопряжений деталей ЦПГ. Определено, что остаточный ресурс экспериментальных двигателей в 3,7 раза больше контрольных. Результаты стендовых и эксплуатационных испытаний двигателей МСХТ и АТТ свидетельствуют о повышенной эффективности предложенных триботехнологий приработки с наложением переменного электрического тока на сопряжения деталей.

6. Полученные результаты стендовых и эксплуатационных испытаний можно существенно улучшить, применяя после триботехнологий приработки триботехнологии восстановления изношенных сопряжений деталей двигателей. Однако это требует дополнительных лабораторных, стендовых и эксплуатационных исследований, а также оптимизации технологических параметров совмещенных триботехнологий.

Литература

1. Аулін В.В. Трибофізичні основи підвищення надійності мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки технологіями триботехнічного відновлення: Монографія / [В.В. Аулін, С.В. Лисенко, О.В. Кузик та ін.]; за ред. В.В.Ауліна. – Кіровоград: видавництво Лисенко В.Ф., 2016. – 304 с.
2. Замота Т.Н. Управление процессами приработки основных сопряжений деталей машин при изготовлении и ремонте: Монография // Т.Н. Замота, В.В. Аулин. – Кіровоград: издатель Лысенко В.Ф.; 2015. – 303 с.
3. Замота Т.Н. Влияние макрогеометрических отклонений в сопряжениях двигателей на триботехнические характеристики приработки / Т.Н. Замота, В.В. Аулин // Проблемы трибології (Problems of tribology). – Хмельницький: ХНУ, 2009. – №4 – С.68-75.
4. Замота Т.Н. Влияние перекоса поршня в гильзе на триботехнические характеристики их контакта / Т.Н. Замота, В.В. Аулин // Вісник інженерної академії України, Випуск 1. – Київ, 2010. – С. 196-200.
5. Нигаматов М.Х. Ускоренная обкатка двигателей после ремонта. / М.Х. Нигаматов. – М.: Колос, 1984. -178 с.
6. Замота Т.Н. Развитие площади пятна контакта при макроприработке поверхностей трения / Т.Н. Замота, В.В. Аулин // Проблемы трибології (Problems of tribology). Хмельницький. ХНУ, 2012. – №1 – С.9-13.
7. Кончиц В.В. Электропроводность точечного контакта при граничной смазке. Ч.2. / В.В. Кончиц. // Трение и износ. – 1991. – Т.12. - №3. – С. 465-475.
8. Коршунов Л.Г. Влияние электризации и малых постоянных токов на износ металлов при трении скольжения. / Л.Г. Коршунов, Р.И. Минц. // Физико-химическая механика материалов.- 1967.- Т.3.- №4.- С.392-396.
9. Лихтеров С.Д. Электровязкостный эффект в маслах с присадками. / С.Д. Лихтеров, Г.И. Шор. // Технология топлива и масел.- 1980.- №1.-С.43-45.
10. Пат. 49 – 48052 Японии. Способ чистовой обработки спаренных деталей, работающих в зацеплении. / Иноуэ Киеси, В 23 Р 1/04, 1974.
11. А.с. 337682 СССР. Способ обкатки двигателей. / Е.Л. Воловик, А.М. Моисеев, М.Х. Нигаматов, В.М. Бутенко, П.М. Кривенко (СССР) G01M 15/00, № заявл. 1412110, опубл. 01.01.72, Бюл. №15.
12. Храмов Н.В. Обкатка и испытание автотракторных двигателей. / Н.В. Храмов, А.Е. Королев, В.С. Малаев. - М.: Агропромиздат. - 1991.- 125с.

13. Алексеев В.П. Электрохимико-механическая макроприработка деталей / В.П. Алексеев. // Монография - Луганск: Элтон-2, 2011. – 204с.
14. Петров Ю.Н. Совместная электрохимико-механическая доводка цилиндропоршневой группы двигателей. / Ю.Н. Петров, В.П. Алексеев, Л.Н. Болдарь. // Электронная обработка материалов. - 1982. - №3. - С.88-90.
15. Замота Т.Н. Повышение эксплуатационной износостойкости деталей машин их триботехническим восстановлением и управлением процессами приработки. / Т.Н. Замота, В.В. Аулин, С.В. Лысенко. // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – 2016. Vol.18 – No.2. – pp. 89-96.
16. Аулин В.В. Методологический подход к повышению качества приработки сопряжений транспортных средств / В.В. Аулин, Т.Н. Замота // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології [Збірка матеріалів IV Міжнар. наук.-техн. інтернет-конф. (17-19 листопада 2015 р., м. Харків)]. – Харків: ХНАДУ, 2015. – С. 85-87.
17. Пат. 48905 України на корисну модель, МПК (2009) B23H 9/00, F02B 79/00. Спосіб припрацювання сполучень деталей дизеля / В.В. Аулін, Т.М. Замота, О.В. Кузик та ін.; заявник і патентоотримувач КНТУ. – №u200910482; заявл. 16.10.2009; опубл. 12.04.2010; Бюл. №7.
18. Пат. 108788 України на корисну модель, МПК (2016.01), G01M 15/00. Спосіб припрацювання деталей / В.В. Аулін, Т.М. Замота та ін.; заявник і патентоотримувач КНТУ. – №u201601984; заявл. 25.07.2016; опубл. 25.07.2016; Бюл. №14.
19. Махнев А.А. Регулирование тока при электрохимико-механической приработке (доводке) пары трения. / А.А. Махнев. // Авиационно-космическая техника и технология. Тр. Государственного аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского. – Харьков, ХАИ, 2000.- С.21-25.

Summary

Aulin, V.V., Zamota T.N., Lysenko S.V. The rising of durability of mobile agricultural machinery and auto transport technics by the running-in tribotechnology of the main mating parts of engines.

The essence of the proposed method, electrochemical-mechanical running-in of the main mating parts of engines of mobile agricultural machinery (MAM) and auto transport technics (ATT), is considered. The classification of modes of this method with the indication of the running-in operations in cases of separate single-phase running-in such separate mates as mates of engines, and at jointly three-phase running-in for example of the mating parts of engines is given. The stand for the realization of tribotechnologies of jointly three-phase running-in of the main mating parts of MAM and ATT engines is proposed. Its characteristics are given and the specified operation modes and running-in are indicated. The sketch of jointly three-phase interconnection of the alternating electric current to the engine at running-in is shown. The regimes of accelerated testing on the example of the engine 4Ч11/12,5 are developed. It is shown that the bench testing of experimental engines D-240 compared with the control, tested according to standard methods, have a much higher sealing ability of the cylinder-piston group (CPG), three times reduces blowy into the crankcase, less wear on the piston cup, the gap in the pair "piston groove-ring" has not changed. The decrease of the wear of the running-in of the mate "ring-sleeve" and the conservability of surface porousness of side chrome surface of the ring are detected. During the operation on tractors overhaul life of experimental engines were increased in 3.7 times. It is shown that this occurred by improving the characteristics of surfaces and increasing their wear resistance by the using of the

proposed running-in tribotechnologies. Conducted bench and operational tests of MAM and ATT engines have shown that the proposed running-in tribotechnology, applied to their overhaul life determining mates of parts, significantly increase durability.

Keywords: *running-in period, pairing of parts, components, assemblies, stand, break-in, operation, resource, durability, mobile agricultural machinery and auto transport technics.*

References

1. Aulin V.V. Trybofizychni osnovy pidvyshchennia nadiinosti mobilnoi silskohospodarskoi ta avtotransportnoi tekhniki tekhnolohiiamy trybotekhnichnoho vidnovlennia: Monohrafiia / [V.V. Aulin, S.V. Lysenko, O.V. Kuzyk ta in.]; za red. V.V.Aulina. – Kirovohrad: vydavnytstvo Lysenko V.F., 2016. – 304 s.
2. Zamota T.N. Upravlenie protsessami prirabotki osnovnyih sopryazheniy detaley mashin pri izgotovlenii i remonte: Monografiya // T.N. Zamota, V.V. Aulin. – Kirovograd: izdatel Lyisenko V.F.; 2015. – 303 s.
3. Zamota T.N. Vliyanie makrogeometricheskikh otkloneniy v sopryazheniyah dvigateley na tribotekhnicheskie harakteristiki prirabotki / T.N. Zamota, V.V. Aulin // Problemy trybolohii (Problems of tribology). – Hmel'nitskiy: HNU, 2009. – №4 – S.68-75.
4. Zamota T.N. Vliyanie perekosa porshnya v gilze na tribotekhnicheskie harakteristiki ih kontakta / T.N. Zamota, V.V. Aulin // Visnyk inzhenernoi akademii Ukrainy, Vypusk 1. – Kyiv, 2010. – S. 196-200.
5. Nigamatov M.H. Uskorennaya obkatka dvigateley posle remonta. / M.H. Nigamatov. – M.: Kolos, 1984. -178 s.
6. Zamota T.N. Razvitie ploschadi pyatna kontakta pri makroprirabotke poverhnostey treniya / T.N. Zamota, V.V. Aulin // Problemy trybolohii (Problems of tribology). Khmel'nytskyi. KhNU, 2012. – №1 – S.9-13.
7. Konchits V.V. Elektroprovodnost tochechnogo kontakta pri granichnoy smazke. Ch.2. / V.V. Konchits. // Trenie i iznos. – 1991. – T.12. - №3. – S. 465-475.
8. Korshunov L.G. Vliyanie elektrizatsii i malyih postoyannykh tokov na iznos metallov pri trenii skolzheniya. / L.G. Korshunov, R.I. Mints. // Fiziko-himicheskaya mehanika materialov.- 1967.- T.3.- №4.- S.392-396.
9. Lihterov S.D. Elektrovyazkostnyiy effekt v maslah s prisadkami. / S.D. Lihterov, G.I. Shor. // Tehnologiya topliva i masel.- 1980.- №1.-S.43-45.
10. Pat. 49 – 48052 Yaponii. Sposob chistovoy obrabotki sparenykh detaley, rabotayuschih v zatseplenii. / Inoue Kiesi, V 23 P 1/04, 1974.
11. A.s. 337682 SSSR. Sposob obkatki dvigateley. / E.L. Volovik, A.M. Moiseev, M.H. Nigamatov, V.M. Butenko, P.M. Krivenko (SSSR) G01M 15/00, № zayavl. 1412110, opubl. 01.01.72, Byul. №15.
12. Hramtsov N.V. Obkatka i ispytanie avtotraktornykh dvigateley. / N.V. Hramtsov, A.E. Korolev, V.S. Malaev. - M.: Agropromizdat. - 1991.- 125s.
13. Alekseev V.P. Elektrohimiiko-mehanicheskaya makroprirabotka detaley / V.P. Alekseev. // Monografiya - Lugansk: Elton-2, 2011. – 204s.
14. Petrov Yu.N. Sovmestnaya elektrohimiiko-mehanicheskaya dovodka tsilindroporshnevoy gruppyi dvigateley. / Yu.N. Petrov, V.P. Alekseev, L.N. Boldar. // Elektronnaya obrabotka materialov. - 1982. – №3. - S.88-90.
15. Zamota T.N. Povyshenie ekspluatatsionnoy iznosostoykosti detaley mashin ih tribotekhnicheskim vosstanovleniem i upravleniem protsessami prirabotki. / T.N. Zamota,

- V.V. Aulin, S.V. Lyisenko. // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – 2016. Vol.18 – No.2. – pp. 89-96
16. Aulin V.V. Metodologicheskiy podhod k povyisheniyu kachestva prirabotki sopryazheniy transportnyih sredstv / V.V. Aulin, T.N. Zamota // Avtomobil i elektronika. Suchasni tekhnolohii [Zbirka materialiv IV Mizhnar. nauk.-tekhn. internet-konf. (17-19 lystopada 2015 r., m. Kharkiv)]. – Kharkiv: KhNADU, 2015. – S. 85-87.
17. Pat. 48905 Ukrainy na korysnu model, MPK (2009) B23H 9/00, F02B 79/00. Sposib prypratsiuvannia spoluchen detalei dyzelia / V.V. Aulin, T.M. Zamota, O.V. Kuzyk ta in.; zaiavnyk i patentootrymuvach KNTU. – №u200910482; zaiavl. 16.10.2009; opubl. 12.04.2010; Biul. №7.
18. Pat. 108788 Ukrainy na korysnu model, MPK (2016.01), G01M 15/00. Sposib prypratsiuvannia detalei / V.V. Aulin, T.M. Zamota ta in.; zaiavnyk i patentootrymuvach KNTU. – №u201601984; zaiavl. 25.07.2016; opubl. 25.07.2016; Biul. №14.
19. Mahnev A.A. Regulirovanie toka pri elektrohimiko-mehanicheskoy prirabotke (dovodke) paryi treniya. / A.A. Mahnev. // Aviatsionno-kosmicheskaya tehnika i tehnologiya. Tr. Gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta im. N.E. Zhukovskogo. – Harkov, HAI, 2000.- S.21-25.